

Japanese Kokai Patent Application No. Sho 63[1988]-155728

Translated from Japanese by the Ralph McElroy Translation Company
910 West Avenue, Austin, Texas 78701 USA

Code: 598-77471
Ref.: APPLIED DKT 306 D08

JAPANESE PATENT OFFICE
PATENT JOURNAL
KOKAI PATENT APPLICATION NO. SHO 63[1988]-155728

Int. Cl.⁴: H 01 L 21/302
21/205

Sequence Nos. for Office Use: C-8223-5F
7739-5F

Filing No.: Sho 61[1986]-303026

Filing Date: December 19, 1986

Publication Date: June 28, 1988

No. of Inventions: 1 (Total of 5 pages)

Examination Request: Not filed

PLASMA PROCESSING DEVICE

Inventor: Yasuhide Sato
Kosugi Works, Canon Inc.
53 ImaInoue-cho, Nakahara-ku,
Kawasaki-shi, Kanagawa-ken

Applicant: Canon Inc.
3-30-2 Shimomaruko, Ota-ku, Tokyo

Agent: Giichi Marushima, patent attorney

[There are no amendments to this patent.]

Claims

1. A type of plasma processing device characterized by the fact that it has the following means: a supporting means for supporting the workpiece, an electrode set facing the workpiece supported on said supporting means, a first RF feed means for feeding a first RF power on either said electrode or supporting means, and a second RF feed means for feeding a second RF power

[at a frequency] higher than said first RF power to the periphery of the workpiece supported by said supporting means.

2. The plasma processing device described in Claim 1 characterized by the fact that said second RF feed means has an antenna for feeding the second RF power and is positioned such that it encloses the space between said supporting means and said electrode.

3. The plasma processing device described in Claim 1 characterized by the fact that said second RF power is microwave.

Detailed explanation of the invention

Industrial application field

This invention pertains to a plasma processing device for etching, depositing, cleaning, sputtering, etc.

Prior art

In plasma processing technology, the processing gas is converted to plasma, and the ions and active radicals contained in the plasma are used to perform processing, cleaning, deposition, etc., for the workpiece.

The plasma used in a conventional plasma processing device of this type is generated by feeding RF power at 100 KHz to hundreds of MHz to the electrode or workpiece supporting table inside a vacuum container, or by feeding microwave power at 2.45 GHz through a waveguide into an air-conditioner [sic; a cavity] resonator/vacuum container to induce discharge.

In the case of RF discharge by RF power in the range of 100 KHz to hundreds of MHz (in the following, this range of frequency will be called RF to distinguish it from microwaves), plasma can be generated in a simple device, and it is possible to perform processing by ions at an energy of several hundred eV or lower. However, the ionization efficiency is poor, and the level of ionization is about 10^{-6} . Also, it is difficult to generate plasma at a vacuum of 10^{-3} torr or lower. This is a problem.

On the other hand, when microwave power is applied, it is possible to generate a high-density plasma even when the pressure is as low as 10^{-3} torr or lower, and it is possible to perform processing by low-energy ions of about 10-30 eV. On the other hand, however, it is impossible to perform processing by ions in an energy range as wide as 10-500 eV, and it is impossible to perform processing by high-energy ions. This is a disadvantage.

In recent years, there has been a high demand for a plasma processing device that allows free setting of the energy level of the ions. Consequently, the purpose of this invention is to solve the aforementioned problems of the prior art by providing a type of plasma processing device

with increased plasma density and increased energy level and controllability of ions, and with improved flexibility of the processing operation.

Objective of the invention

The objective of this invention is to solve the aforementioned problems of conventional technology by providing a type of plasma processing device which allows versatility of the plasma processing operation.

Application examples

Figures 1-4 illustrate application examples of this invention. (1) represents a processing gas feed-in port; (2) represents an anode electrode; (3) represents a microwave feeding antenna; (4) represents a CRT; (5) represents a coaxial tube for feeding microwaves; (6) represents a microwave matching unit; (7) represents a microwave generator; (8) represents a hollow coil for generating a magnetic field; (9) represents a power source for pumping the hollow coil; (10) represents a container for generating the plasma; (11) represents the workpiece for processing; (12) represents a workpiece supporting table; (13) represents an evacuating system; and (14) represents a RF power source. When the workpiece is exchanged, said workpiece supporting table (12) is driven by a driving mechanism not shown in the figure to a workpiece exchange site not shown in the figure.

First, the first application example shown in Figure 1 will be explained. In the aforementioned configuration, a gas appropriate for processing of the data [sic; workpiece] is fed through the processing gas feed-in port. By means of evacuating system (13), the pressure of plasma generating container (10) is controlled in the range of 10^{-4} torr to 10^{-1} torr which is appropriate for generating plasma. Said microwave generator (7) usually generates microwaves at 2.45 GHz, which are fed through a waveguide or the like to microwave matching unit (6) to be adjusted such that the reflective wave from microwave antenna (3) is at a minimum. Said microwave generator (7) generates the microwave power such that the microwave antenna is in the DC ground (earth) state.

Microwaves are fed through coaxial tube (5) to microwave antenna (3). Figure 3 is a diagram illustrating an example of the antenna and the coaxial tube. Figures 3(a) and (b) illustrate appearances taken from different angles. Here, (3) represents the microwave antenna; (31) represents a slit; (5) represents the coaxial tube; (51) represents an insulator for holding the conductor at the center of the coaxial tube. The antenna shown here is of a slot type, and is usually called a rikitano [transliteration] coil. Length L of slit (31) is an integral times $\lambda/2$, where λ represents the wavelength of the microwaves. For example, when the microwave frequency is at 2.45 GHz, the length of the slit corresponding to $1/2 \lambda$ is 6 cm. This antenna is taken as a

cavity (resonator) of the TE₀₁₁ mode. Insulator (51) not only holds central conductor (51), but also acts as a vacuum seal. Also, while a coaxial tube is shown here, the same effect can be realized with a waveguide. On the periphery of plasma generating container (10), hollow coil (8) is set to generate a magnetic field in plasma chamber (4). The magnetic field level is such that the electrons in the plasma chamber can cause electron cyclotron resonance with the microwaves (for example, for microwaves at 2.45 GHz, the magnetic field flux density is 875 Gauss). In this way, plasma can be generated at high efficiency, and it is possible to generate high-density plasma even at a low pressure (10^{-3} torr or lower).

The plasma generated in plasma chamber (4) acts on workpiece (11) set on workpiece table (12), so that it is possible to perform etching, depositing, cleaning, or other processing.

On the other hand, anode (2) is set at a site where the electric field of the microwaves is weak and facing workpiece table (12), such as at a distance of an integral times $\lambda/2$ from the end of the slit of the antenna, and it is grounded so as to have the same potential as plasma generating container (10). An RF power of 100 KHz to hundreds of MHz is fed from RF power source (14) to workpiece table (12). In practice, the frequency is usually selected in the range of 100-500 KHz or 13.56 MHz. Also, for microwave leakage towards RF power source (14), one may set a device for inhibiting the microwaves, such as a unidirectional tube, between workpiece table (12) and RF power source (14).

An antenna is positioned around the counter electrode to form a nearly enclosed space. Consequently, it is possible to apply both microwave and RF power on the processing gas in this space at high efficiency, and the ionization efficiency improves. Also, the ions generated can hardly escape into other space, and workpiece (11) can be processed for etching or the like at high efficiency.

The electrode on which the RF power is applied is smaller than the other electrode. When the RF power is applied in this electrode configuration on the plasma, a negative bias potential of tens to hundreds of V is generated on workpiece (11) set on workpiece supporting table (12), that is, the electrode on which the RF power is applied. By means of this potential, ions in the plasma are accelerated, and they hit workpiece (11) to promote the workpiece processing function. Since this potential depends on the RF power, it is possible to control the energy of the ions by adjusting the RF power. Also, when the frequency of the RF power is low (hundreds of kHz or lower), the ions are accelerated directly by the RF power when the potential of the side of the workpiece becomes negative. In this case, too, etching or the like by ions can be realized.

If microwave power is not applied, the RF power alone can generate plasma to perform plasma processing. On the other hand, microwave discharge alone also can perform plasma processing.

In addition, by selecting the RF power and microwave power appropriately, it is possible to realize versatility of processing. For example, when processing is carried out by ions at a low energy, there is little damage to the workpiece, and this method is appropriate for fine processing. However, the processing time is long. This is a disadvantage. In processing by high-energy ions, since the energy is high, processing action from collisions is significant, and the processing time becomes shorter. However, damage to the workpiece is significant, and defective products may be formed in a fine processing operation, etc. In the device of this application example, use of both power sources allows generation of a high-density plasma, and processing can be performed by ions in a wide energy range. Also, if the processing rate is to be further increased, upon the instruction from the operator, controller (100) controls RF power source (14) so that the RF power is increased, and the number of high-energy ions are increased. On the other hand, when processing is to be performed with little damage to the workpiece, controller (100) controls RF power source (14) to lower the RF power, or it controls microwave generator (7) to increase the microwave power, so that the number of low-energy ions is increased. In this way, depending on the desired processing state, it is possible to adjust the energy state of the ions generated.

Controller (100) can adjust the power levels of RF power source (14) and microwave generator (7), respectively.

Figure 2 is a diagram illustrating a second application example. This application example differs from the first application example in that RF power source (14) is connected to anode electrode (2), and workpiece supporting table (12) is connected to plasma generating container (10). Otherwise, this application example is identical to the first application example. In this case, too, by adjusting the RF power and microwave power appropriately, it is possible to perform composite processing.

Also, in order to prevent contamination of plasma chamber (4) by debris formed due to etching of an electrode, etc., by the plasma, it may be covered with SiO₂ or the like.

That is, as shown in Figure 4, a lower-opening cylindrical shaped fused silica glass inner container (101) may be set inside plasma chamber (4).

Effect of the invention

As explained in the above, this invention allows versatility of processing operations.

Brief description of the figures

Figure 1 is a cross-sectional view of the first application example of this invention. Figure 2 is a cross-sectional view of the second application example. Figure 3 is a diagram

illustrating a slit type microwave antenna. Figure 4 is a cross-sectional view of the third application example.

- 2 Anode electrode
- 3 Microwave antenna
- 10 Plasma generating container
- 11 Workpiece
- 12 Workpiece supporting table

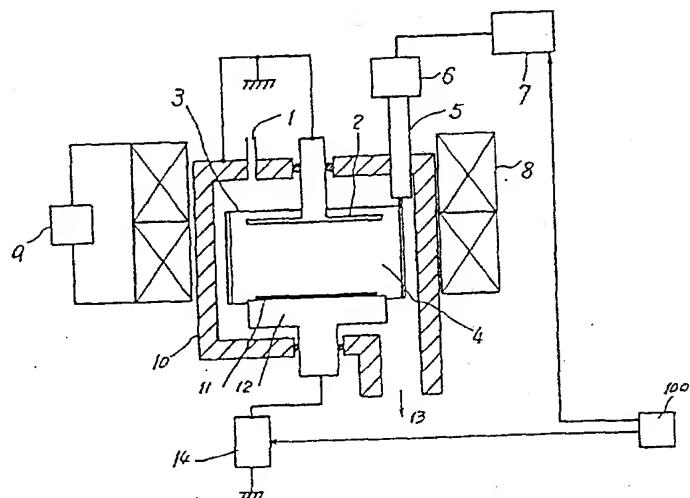


Figure 1

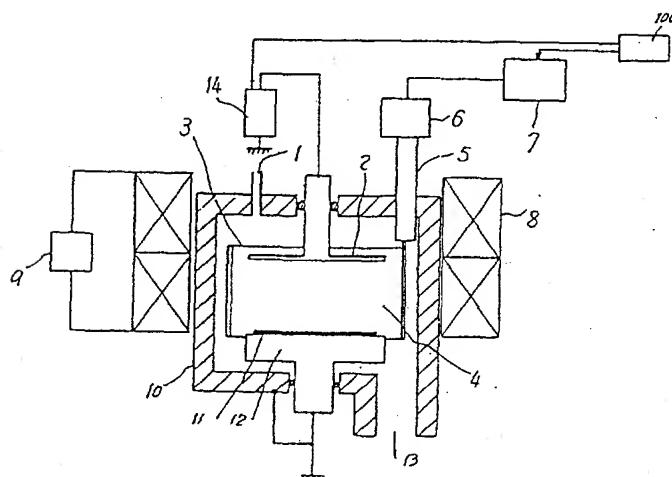


Figure 2

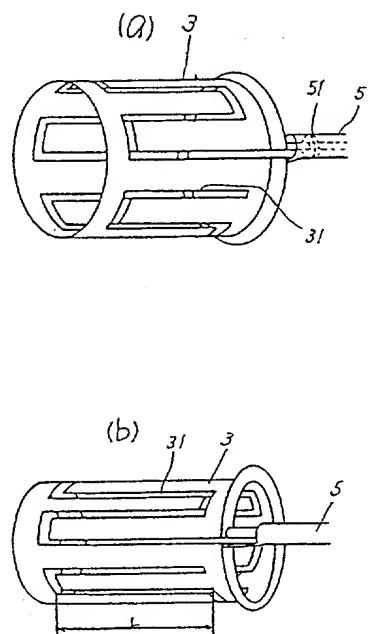


Figure 3

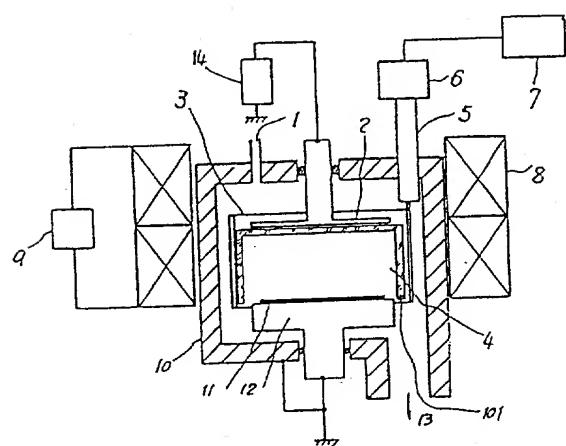


Figure 4

⑯日本国特許庁(JP)

⑮特許出願公開

⑰公開特許公報(A)

昭63-155728

⑯Int.Cl.⁴
H 01 L 21/302
21/205

識別記号
C-8223-5F
7739-5F

⑮公開 昭和63年(1988)6月28日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑯発明の名称 プラズマ処理装置

⑰特 願 昭61-303026

⑰出 願 昭61(1986)12月19日

⑯発明者 佐藤 安栄 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キヤノン株式会社
小杉事業所内

⑰出願人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

⑰代理人 弁理士 丸島 儀一

明細書

1. 発明の名称

プラズマ処理装置

2. 特許請求の範囲

(1) 被処理物を支持する支持手段と、前記支持手段に支持された被処理物に対向するよう設けられた電極と、前記電極と支持手段とのいずれか一方のみに第1の高周波を供給するための第1高周波供給手段と、前記支持手段に支持された被処理手段の周辺に前記第1の高周波よりも高い第2の高周波を供給する為の第2高周波供給手段とを有する事を特徴とするプラズマ処理装置。

(2) 前記第2高周波供給手段は、前記支持手段と前記電極との間の空間を包囲するよう設けられた第2の高周波供給用のアンテナを有する事を特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

(3) 前記第2の高周波はマイクロ波である事を特徴とする特許請求の範囲第1項記載のプラズマ処理装置。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は、エッティング、堆積、クリーニング、スパッタリング等のプラズマ処理装置に関する。〔従来の技術〕

プラズマ処理技術は、処理ガスをプラズマ化して、そのプラズマ中に含まれるイオンや活性ラジカルにより被処理物の加工、清浄化、堆積等の処理を行うものである。

従来、この種のプラズマ処理装置で用いられるプラズマは、100KHz～数百MHzの高周波電力を真空容器内の電極あるいは被処理物保持台に供給したり、あるいは例えば2.45GHzのマイクロ波電力を空調共振器を兼ねる真空容器内に導波管によって供給したりして放電させることにより発生させていた。

100KHz～数百MHzの高周波（以後、この範囲の高周波を特に高周波と呼びマイクロ波と区別する）電力による放電、即ち高周波放電による場合は、簡単な構造でプラズマを発生させることがで

き、数100eV以下のエネルギーを持ったイオンによる加工が可能であるが、イオン化効率が悪く、電離度は 10^{-4} 程度であり、また 10^{-3} torr以下の真空度で安定なプラズマ発生が困難となる欠点がある。

これに対してマイクロ波電力を用いる場合は、 10^{-3} torr以下の低圧化でも高密度プラズマの発生が可能で、10~30eV程度の低エネルギーイオンによる処理が可能であるが、反面、例えば10~500eVのような広いエネルギー範囲のイオンによる処理はできず、又高エネルギーのイオンによる処理もできないという欠点がある。

近年、イオンのエネルギー強度を自由に設定できるプラズマ処理装置の要望が高くなり、従って本発明の課題は、前述の従来技術の欠点を除去してプラズマ密度およびイオンのエネルギー強度の制御性を向上し、且つ処理プロセスの柔軟性も向上させることのできるプラズマ処理装置を提供することにある。

3

マイクロ波発生器7で通常2.45GHzのマイクロ波を発生させ導波管等によってマイクロ波整合器6に供給し、マイクロ波アンテナ3からの反射波が最小となるように調整する。マイクロ波発生器7はマイクロ波アンテナが直列的にグランド（接地）状態になるようなマイクロ波電力を発生する。

マイクロ波は同軸管5によってマイクロ波アンテナ3に供給される。第3図にアンテナと同軸管の例を示す。第3図(a)と(b)はそれぞれ異なる角度から見た外観図である。ただしここではマイクロ波、31はスリット、5は同軸管、51は同軸管の中心にある導体を保持する絶縁体である。ここに示したアンテナはスロット型のもので通称リジターノコイルと呼ばれている。スリット31の長さLはマイクロ波の波長をλとするとき、 $\lambda/2$ の整数倍に選ぶ。例えば2.45GHzの場合 $1/2\lambda$ とすると、スリットの長さは6cmとなり、このアンテナはTE011モードのキャビティ（共鳴器）と見なせる。絶縁体51は中心導体51を保持するのみならず真空シールも兼ねることができる。尚ここで

〔発明の目的〕

本発明は上述従来例の欠点を除去すると同時にプラズマ処理プロセスの多様化が実現可能なプラズマ処理装置を提供することにある。

〔実施例〕

第1図～第4図に本発明のいくつかの実施例を示し、1は処理ガス導入口、2はアノード電極、3はマイクロ波供給アンテナ、4はプラズマ室、5はマイクロ波供給用同軸管、6はマイクロ波整合器、7はマイクロ波発生器、8は磁場発生用空心コイル、9は空心コイル励磁用電源、10はプラズマ発生用容器、11は被処理試料、12は試料保持台、13は排気系、14は高周波電源である。試料保持台12は試料交換時には不図示の駆動機構により不図示の試料交換位置に移動する。

まず第1図に示した第1の実施例について説明する。上記構成において試料を処理するのに適したガスを処理ガス導入口より供給し、排気系13によってプラズマ発生用容器10の圧力をプラズマ発生に適した 10^{-4} torr～ 10^{-3} torrに設定する。

4

は同軸管を示したが導波管でも同様の効果が得られる。更にこのプラズマ発生用容器10の周囲には、空心コイル8が設置されており、プラズマ室4に磁場を発生することができる。磁場の強さはプラズマ室中の電子がマイクロ波と電子サイクロトロン共鳴が起こる様な値（例えば2.45GHzのマイクロ波では磁束密度が875Gaussである）にする。このようにすることによって効率よくプラズマが発生し、低圧力（ 10^{-3} torr以下）でも高密度のプラズマが発生できる。

プラズマ室4に発生したプラズマは試料台12に置かれた試料11に作用し、エッティング、堆積、クリーニング等の処理を行うことができる。

一方アノード2は試料台12と対向しマイクロ波の電場が弱い所、たとえばアンテナのスリットの端から $\lambda/2$ の整数倍の所に設置し、プラズマ発生用容器10と同電位になる様接続する。試料台12には高周波電源14から100KHz～数百MHzの高周波電力が供給される。実際的には周波数は100KHz～500KHz又は13.56MHzを選ぶことが多い。

尚、マイクロ波が高周波電源14の方に漏れる場合は試料台12と高周波電源14の間にマイクロ波を阻止する装置、例えば単向管を入れても良い。

対向電極のまわりにアンテナを配し、閉空間に近い空間を作っているので、この空間内の処理ガスにマイクロ波と高周波の双方を効率よく加える事ができ、イオン化効率が良くなっている。又、発生したイオンも他の空間に逃げにくく、試料11はイオンによって効率よくエッティングされる。

高周波をかけた方の電極が他方の電極より小さく、プラズマにこの電極配置で高周波を加えると高周波をかけた方の電極即ち試料保持台12に戴せられた試料11に数十～数百Vの負のバイアス電位が発生し、この電位によってプラズマ中のイオンが加速され試料11に衝突し試料処理作用を促進する。この電位は供給する高周波電力に依存するので高周波電力を調整することによってイオンのエネルギーを制御することができる。また高周波電力の周波数が低い場合(数百KHz以下)イオンが高周波電力によって試料側が負の電位になった時

をコントロールして高周波電力を大きくして高エネルギーイオンを増加させ、試料によりダメージを与えない処理が必要な時には、コントローラ100が高周波電源14をコントロールして高周波電力を小さくし、又マイクロ波発生器7をコントロールしてマイクロ波電力を大きくさせて低エネルギーイオンを増加させる、という様に所望の処理状態に応じて発生イオンのエネルギー状態を調節可能である。

コントローラ100は高周波電源14、マイクロ波発生器7の発生電力を個別に調節可能である。

次に第2図に第二の実施例を示す。第一の実施例との違いはアノード電極2に高周波電源14を接続し、試料保持台12をプラズマ発生用容器10に接続した点であり、他の部分は第一の実施例とまったく同じである。この場合も高周波電力とマイクロ波電力を適当に調整することによって複合的な処理が行える。

尚、プラズマ室4は電極等がプラズマでエッティングされることによって発生する汚染を防ぐため

に直接加速され、この場合もイオンによるエッティングの効果が得られる。

マイクロ波電力を加えなければ、高周波放電のみでプラズマを発生させてプラズマ処理ができる。逆もまた同じでマイクロ波放電のみでプラズマ処理ができる。

更に高周波電力とマイクロ波電力を適当に選ぶことによって処理の多様化が可能になる。例えば低エネルギーのイオンによる処理を行う上、試料に与えるダメージが少なく微細加工処理に適しているが、処理時間がかかるという欠点がある。高エネルギーのイオンによる処理では、エネルギーの高い分衝突時の処理作用も大きく処理時間は短くなるが試料に与えるダメージが大きくなり、微細加工においては不良品を出す可能性が高くなってしまう。本実施例の装置では、両電力の使用により高密度プラズマ発生可能かつ広いエネルギー範囲のイオンによる処理が可能で、かつ、処理速度をより大きくしたい時には、オペレータからの指令によりコントローラ100が高周波電源14

SiO2等で覆うこともできる。

即ち、第4図に示すようにプラズマ室4内部に下部開放円筒形の石英内容器¹⁰¹を設けてよい。

[本発明の効果]

以上説明したように、本発明によって処理プロセスを多様化にすることが可能になった。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の第一の実施例の断面図、第2図は第二の実施例の断面図、第3図はスリット型マイクロ波アンテナの図、第4図は第三の実施例の断面図である。

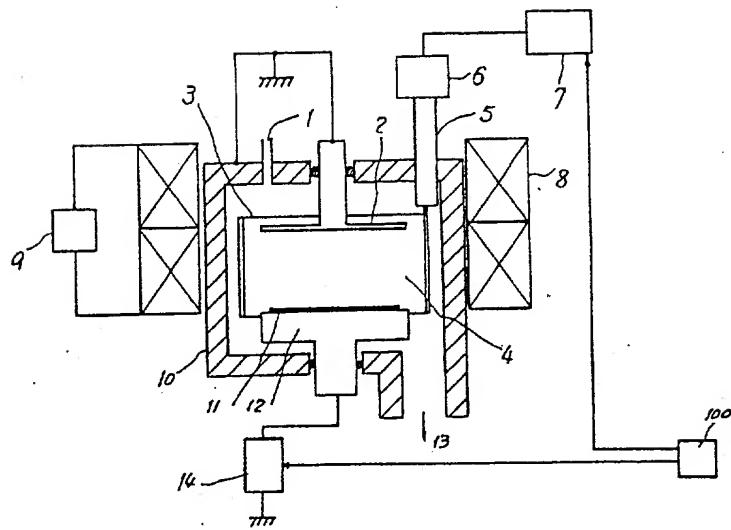
図中2はアノード電極、3はマイクロ波アンテナ、10はプラズマ発生用容器、11は試料、12は試料保持台である。

出願人 キヤノン株式会社

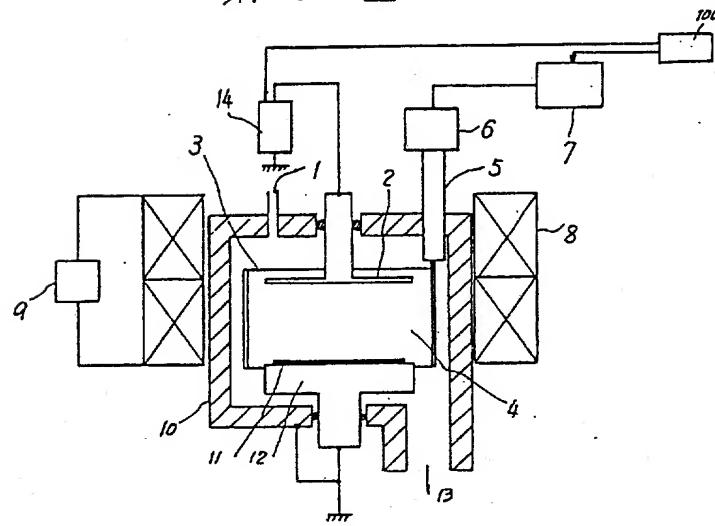
代理人 丸島儀一



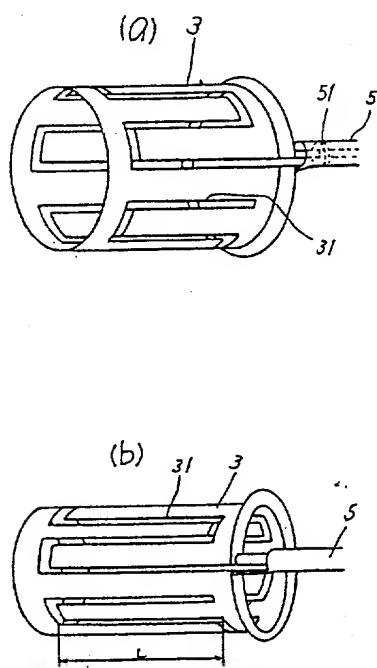
第 1 図



第 2 図



第3図



第4図

